

УДК 632.654+632.7

**О.Л. Матвєєва**, к. т.н., доц.  
**Т.В. Михалевська**, к. ф.-м. н., доц.

## **ОПТИМІЗАЦІЯ СТРУКТУРИ ЕФЕКТИВНОСТІ ВПРОВАДЖЕННЯ ЗАХОДІВ ДО ПОЛІПШЕННЯ СТАНУ АВІАЦІЙНОГО ПАЛИВОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ**

Національний авіаційний університет  
E-mail: mol@nau.edu.ua

*Наведено результати оптимізації ефективності впровадження заходів до поліпшення стану авіаційного паливозабезпечення на період до 2023 р., що сприятиме енергозбереженню та раціональному використанню паливних ресурсів країни.*

*The results of efficiency introduction optimization regarding measures for improvement of avfueling state for the period up to 2023 are presented. It will promote energy-savings and balanced use of fuel resources of Ukraine.*

*Приведены результаты оптимизации эффективности внедрения мероприятий по улучшению состояния авиационного топливообеспечения на период до 2023 г., что будет способствовать энергосбережению и рациональному использованию топливных ресурсов страны.*

### **Вступ**

Проблема ефективного та раціонального використання паливно-енергетичних ресурсів, зокрема, поліпшення стану авіаційного паливозабезпечення (АПЗ) сьогодні вкрай актуальна. Її вирішенню сприятиме створення методології формування хімотологічно обґрунтованих науково-виробничих підходів.

У роботах [1–5] розглянуто можливість поліпшення стану паливозабезпечення галузі шляхом упровадження організаційно-технологічних та конструкційних заходів, що включають:

- підтримання високого рівня експлуатаційної якості вуглеводневих палив;
- розроблення та застосування сучасних методів, технологій керування їх енергетичними властивостями;
- проведення оптимізації показників якості;
- розроблення та впровадження альтернативних видів палив.

### **Постановка завдання**

Формування науково-виробничої програми ефективного та раціонального використання паливно-енергетичних ресурсів можливе в разі взаємодії трьох взаємодоповнюючих заходів (рис. 1):

1) розроблення та впровадження державної програми заходів зі збереження та підвищення ефективності використання авіаційних палив;

2) обґрунтування напрямів оптимізації показників якості авіаційних палив;

3) розроблення та впровадження альтернативних видів палив.

Основою програми збереження та підвищення ефективності використання авіаційних палив є необхідність створення умов та заходів з підтримання високого рівня експлуатаційної якості палив та керування їх енергетичними властивостями.

Кожний із запропонованих напрямів поліпшення стану АПЗ являє собою актуальний і самостійний об'єкт досліджень. Вони призводять до розроблення методів та технологій підвищення експлуатаційної якості вуглеводневих палив і забезпечення працездатності паливних систем (ПС), газотурбінних двигунів (ГТД), створюючи єдину систему організаційно-технологічних та конструкційних заходів.

Для визначення дієвості впровадження заходів щодо поліпшення стану АПЗ України доцільно застосовувати математичний апарат багатоетапних задач стохастичного програмування.

Такі моделі дозволяють:

- відобразити різні аспекти динаміки вибору та коригування рішень в умовах неповної інформації;
- урахувати порядок надходження та збереження інформації про стан палива, оптимізацію його якісних показників, доцільності використання альтернативних видів палива.

Головною метою заходів поліпшення стану АПЗ є визначення оптимальної стратегії паливозабезпечення в умовах кардинальних змін авіаційної галузі, що спричинені різноплановими процесами внутрішньо- і зовнішньоекономічного характеру, зумовлених ринковими відносинами і виходом на світовий ринок авіаційних перевезень.

Тому оптимальне керування АПЗ повинно реалізовуватись в умовах невизначеності. Це призводить до необхідності використовувати методи стохастичного оптимального керування, що дозволяє на відміну від динамічного програмування не послідовно враховувати впровадження заданої кількості заходів поліпшення стану АПЗ, а розглядати їх одночасне застосування.

Спектр практичних проблем, які виникають у разі перспективного планування таких значних технічних систем, як АПЗ, що пов'язані з багатьма випадковими змінами зовнішнього та внутрішнього середовища, доцільно розглядати як багатоетапні задачі зі статистичними, імовірнісними та жорсткими обмеженнями.

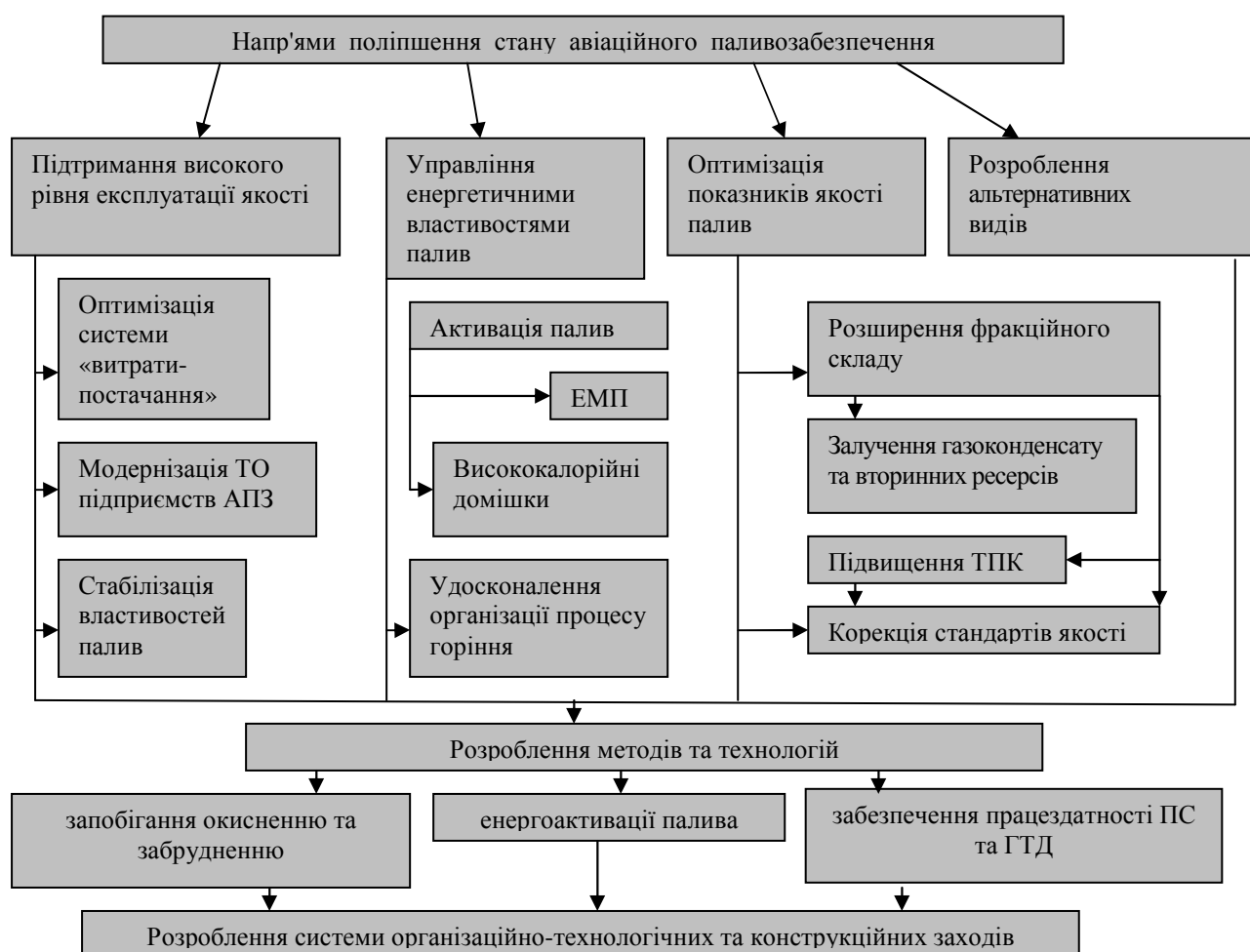


Рис. 1. Основні напрями поліпшення стану АПЗ

**Мета** роботи – оптимізувати структуру ефективності впровадження заходів поліпшення стану АПЗ.

### Оптимізаційна модель

Критерій оптимізації – максимізація сумарного прибутку у всіх напрямках.

Для побудови оптимізаційної моделі поліпшення стану АПЗ використовували:

- цільову функцію моделювання заходу;
- коефіцієнт цільової функції;
- сумарні інноваційні витрати.

Цільова функція моделювання заходу  $P(x)$  – прибуток з охоплених заходами поліпшення стану АПЗ країни планованої кількості резервуарів, яка максимізується в задачі для  $m$  заходів:

$$U(x) = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n a_{ij} x_{ij} \rightarrow \max ,$$

$$i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n,$$

де  $a_{ji}$  – коефіцієнт цільової функції (питома прибутковість заходів);

$x_{ij}$  – кількісний вимір обсягу впровадження  $j$ -ї складової  $i$ -го заходу;

$i$  – номер заходу;

$j$  – номер складової заходу.

Коефіцієнт цільової функції  $a_{ji}$  – це різниця між коефіцієнтами дохідності  $j$ -ї складової  $i$ -го заходу та інноваційних витрат для одного резервуару:

$$a_{ij} = h_{ij} - c_{ij} ,$$

де  $h_{ij}$  – коефіцієнт дохідності  $j$ -ї складової  $i$ -го заходу;

$c_{ij}$  – коефіцієнт інноваційних витрат  $j$ -ї складової  $i$ -го заходу.

Сумарні інноваційні витрати на впровадження  $i$ -го заходу визначають за формулою

$$B_i = \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij} .$$

У ході формування класу задач математичного програмування з урахуванням заходів поліпшення стану АПЗ галузі (рис. 1) пропонується розподіл оптимізаційних задач за чотирма напрямками, різними за змістом та деякими формальними особливостями (див. таблицю).

Кожний із напрямів визначається наперед заданими організаційно-технологічними заходами, ефективність упровадження яких моделювалась змінними:

- витрати на один резервуар;
- мінімум охоплених заходом резервуарів;
- максимум охоплених заходом резервуарів;
- планова кількість охоплених заходом резервуарів.

Заданий діапазон значень змінних базувався на проведеному всебічному узагальненому аналізі діяльності підприємств АПЗ України, Росії, Литви, Грузії, Узбекистану протягом останніх десяти років.

### Організаційно-технологічні заходи напрямів моделювання

Напрямок		Організаційно-технологічні заходи $i$
Номер	Назва	
Перший	Підтримання високого рівня експлуатаційної якості палив	Оптимізація постачання палив. Модернізація ТО. Стабілізація властивостей палив
Другий	Керування енергетичними властивостями палив	Активізація палив ЕМП. Удосконалення процесу горіння
Третій	Оптимізація показників якості палив	Залучення газоконденсату. Підвищення ТПК. Підвищення вмісту сірки
Четвертий	Розроблення та впровадження альтернативних видів палив. Підвищення енергоефективності палив	МІХ 1 (керосин – газ). МІХ 2 (керосин – водень). МІХ 3 (керосин – енергодобавки)

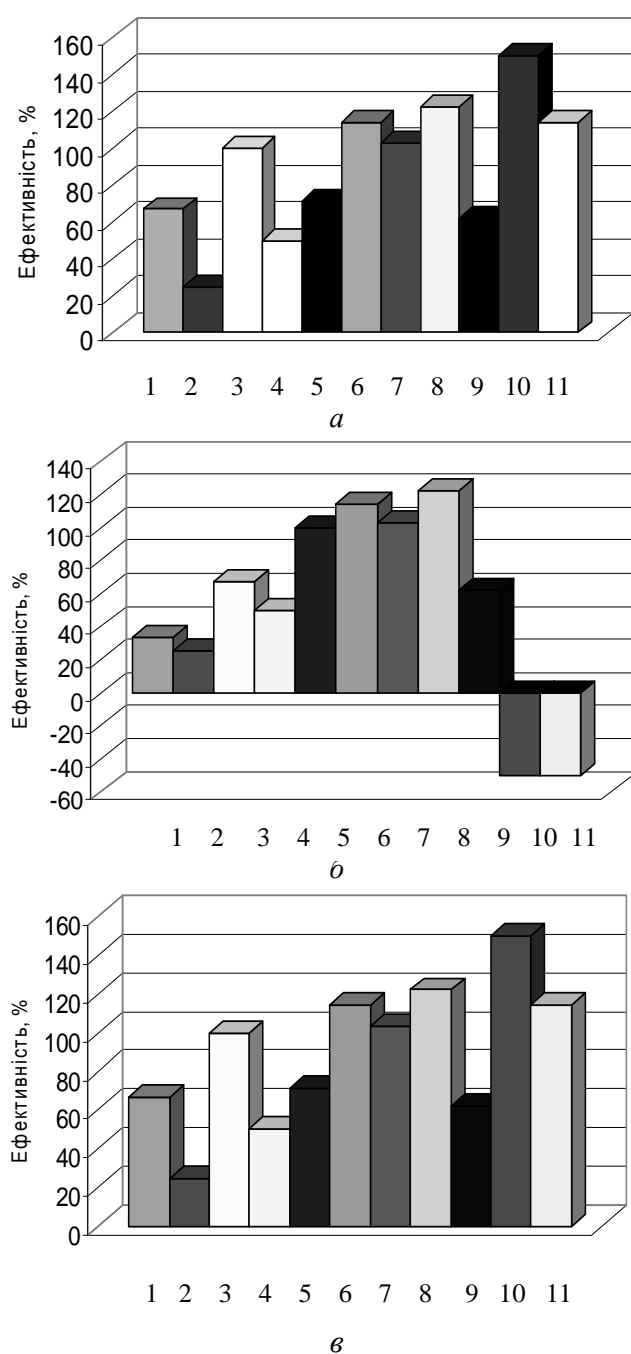


Рис. 2. Порівняльна характеристика ефективності впровадження організаційно-технологічних заходів:

- a* – етап 1; *б* – етап 2; *в* – етап 3;  
 1 – оптимізація поставок палив;  
 2 – модернізація ТО;  
 3 – стабілізація палива;  
 4 – активація ЕМП;  
 5 – удосконалення процесу горіння;  
 6 – Ззалучення газоконденсату;  
 7 – підвищення ТПК;  
 8 – підвищення вмісту сірки;  
 9 – МІХ 1;  
 10 – МІХ 2;  
 11 – МІХ 3

У процесі визначення вагомості кожного організаційного заходу враховувалися його переваги та недоліки, прогнозні оцінки науково-технічного та технологічного розвитку в часі. Для оцінки ефективності впровадження напряму розроблення та впровадження альтернативних видів палив, підвищення їх енергоефективності проаналізовано такі особливості:

- можливість збільшення загального обсягу виробництва палива з урахуванням обмеженості нафтових запасів;
- витрати на розроблення технології виготовлення модифікованого палива;
- проведення наукових досліджень;
- витрати на розроблення технології транспортування, зберігання, підготовки до видавання, заправлення в літак;
- витрати на удосконалення конструкції паливної системи літаків;
- конструктивне доопрацювання паливної системи деяких типів літаків;
- випробування та експлуатаційне впровадження модифікованого палива.

Ураховуючи динаміку змін науково-технічного прогресу в часі, зміну пріоритетності напрямів розвитку енергозбереження, моделювання здійснювали у трьох часових діапазонах (*T* етапах), кожний з яких становив п'ять років (рис. 2): етап 1  $T_1$  (2009–2013 рр.); етап 2  $T_2$  (2014–2018 рр.); етап 3  $T_3$  (2019–2023 рр.).

Такий підхід оптимізаційного моделювання врахував зміну активності впровадження розглядуваних заходів завдяки варіюванню змінних у діапазоні «мінімум – максимум».

### Результати досліджень

Ефективність упровадження заходу характеризує відносну прибутковість обраного організаційно-технологічного заходу або всієї структури заходів у межах визначених часових діапазонів:

$$\sum E = \frac{P_{п.о} - P_{д.о}}{P_{д.о}} 100,$$

де  $P_{д.о}$  та  $P_{п.о}$  – прибуток до та після проведення оптимізаційних заходів.

Аналізуючи наведені дані, зазначимо, що станом на сьогодні та найближчі декілька років актуальними є заходи, що спрямовані на підтримання високого рівня експлуатаційної якості палив, тобто оптимізація постачання палив та модернізація ТО (рис. 2, а).

У період з 2014–2018 рр. (рис. 2, б) пріоритетним напрямом поліпшення стану АПЗ має стати напрям оптимізації показників якості палив та конструкційні заходи щодо організації процесу згоряння палив.

Активне запровадження альтернативного авіаційного палива на часовому етапі 3 (рис. 2, в) має значно більші перспективи та ймовірність, ніж у найближчі п'ять років. Оптимізація постачання палив та модернізація ТО мають активно впроваджуватися.

Аналізуючи характер змін ефективності впровадження організаційно-технологічних заходів АПЗ та визначивши сумарну ефективність заходів за етапами впровадження (рис. 3), можна зазначити, що саме на часовому етапі 3 (2019–2023 рр.) слід очікувати майже стовідсоткову ефективність за рахунок розроблення та впровадження науково-технічних досягнень за напрямками:

- оптимізація показників якості палив;
- розроблення та впровадження альтернативних видів палив;
- підвищення їх енергоефективності.

### Висновки

Проведено оптимізацію ефективності впровадження заходів поліпшення стану АПЗ, яка визначила стратегію розроблення, удосконалення та впровадження системи організаційно-технологічних та конструкційних заходів, що є складовою галузевої програми зі збереження та підвищення ефективності використання авіаційних палив, енергозбереження та їх раціонального використання.

### Література

1. *Матвєєва О.Л.* Шляхи хімотологічної оптимізації якості палива / О.Л. Матвєєва // Наукові праці академії. – 2003. – № 7. – С. 218–222.

2. *Матвєєва О.Л.* Дослідження працездатності авіаційних паливних систем при застосуванні палив з підвищеною температурою початку кристалізації / О.Л. Матвєєва, М.В. Волосковець // Промислова гідроліка і пневматика. – 2004. – № 4(6). – С. 38–41.

3. *Матвєєва О.Л.* Дослідження зміни якості реактивних палив в експлуатаційних умовах / О.Л. Матвєєва, С.Л. Столінець // Проблеми техніки. – 2004. – №3. – С. 70–74.

4. *Матвєєва О.Л.* Системний підхід дослідження експлуатаційної енергоефективності реактивних палив / О.Л. Матвєєва, Т.В. Михалевська // Вісник НАУ. – 2005. – № 3. – С. 192–196.

5. *Матвєєва О.Л.* Енергетична ефективність використання реактивних палив / О.Л. Матвєєва // Вопросы проектирования и производства конструкций летательных аппаратов. – 2006. – №2(45). – С.104–112.

Стаття надійшла до редакції 03.11.10.

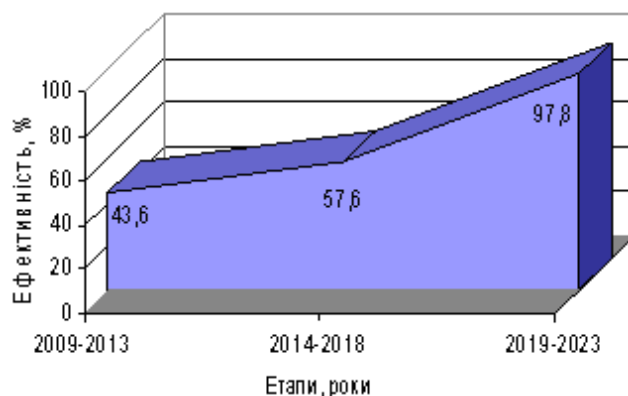


Рис. 3. Сумарна ефективність заходів за етапами впровадження